

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 152 (2001)

**Heft:** 2

**Artikel:** Altersstruktur und Wachstum anhand geworfener Bäume auf einer Windwurffläche im Waldreservat Bödmeren

**Autor:** Gabriel, Josef / Bräker, Otto Ulrich / Matter, Jean-François

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1098271>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 02.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Altersstruktur und Wachstum anhand geworfener Bäume auf einer Windwurffläche im Waldreservat Bödmeren

JOSEF GABRIEL, OTTO ULRICH BRÄKER UND JEAN-FRANÇOIS MATTER

**Keywords:** Height growth; stem analysis; height model; forest reserve; natural reserve; Norway spruce. FDK 181.65 : 55 : 622 : 907.1 : (494.11)

## 1. Einleitung und Zielsetzung

Das Baumwachstum ist charakterisiert von hoher Vielfältigkeit einerseits und von mannigfaltigen Standortverhältnissen andererseits. Gerade die starke Variabilität dürfte die Ursache dafür sein, dass sich verschiedene namhafte Autoren in der Vergangenheit mit dem Baumwachstum generell auseinandersetzen. In jüngster Zeit ist das Baumwachstum vermehrt für ökologische, standortkundliche und umweltorientierte Fragen interessant (KIENAST, 1987). Heute liegen zahlreiche Forschungsergebnisse über das Baumwachstum vor, so dass die grundlegenden Besonderheiten bekannt sind (LÄSSIG, 1991).

Die Übertragung der Informationen aus der Vielzahl von Untersuchungen auf den Standort Bödmeren ist unbefriedigend, weil erstens sich Bödmeren gerade durch einen einmaligen Standort und Habitus der Bäume auszeichnet und zweitens die Forschung im Waldreservat Bödmeren auf genaue Grundlagen angewiesen ist.

Die vorliegende Arbeit liefert erste Kenntnisse über die Altersverteilung und das Höhenwachstum von Baumgruppen im Reservat Bödmeren. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt bei der Beantwortung folgender Fragen:

- Welches Alter haben Bäume im Reservat Bödmeren?
- Wie verlief deren Jahrringbreiten- und Höhenentwicklung?
- Welchen Einfluss übt die Konkurrenz auf das Wachstum aus?

Die Aufnahmen stammen vorwiegend aus einer Windwurffläche des Sturmes «Vivian» im Februar 1990. Insgesamt sind 27 Bäume untersucht worden. Von 13 Bäumen liegt eine vertiefte Wachstumsanalyse vor (GABRIEL, 1994).

## 2. Das Untersuchungsgebiet

Im Jahre 1971 wurde der Grundstein für die Schaffung eines Waldreservates im Bödmerenwald am Pragelpass (Gemeinde Muotathal, Kanton Schwyz) gelegt. In einem Dienstbarkeitsvertrag mit der Waldbesitzerin (Oberallmeind-Korporation) wurde auf einer Fläche von 4,8 ha ein Reservat eingerichtet. Im Jahre 1983 erfuhr das Waldreservat eine Arrondierung der Reservatsfläche auf rund 70 ha. Das Waldreservat steht seit dem 25. Juli 1984 unter der Obhut der Stiftung Urwald-Reservat Bödmeren und wird in Fachkreisen als eindruckliches Beispiel eines subalpinen Fichtenwaldes gesehen, der auf grosser Fläche nie bewirtschaftet wurde (KÄLIN und SCAGNET, 1997). Das Urwald-Reservat dient der Wissenschaft als ein wertvolles Studienobjekt, in dem multidisziplinäre Forschungsprojekte durchgeführt werden. Vorab soll die Waldentwicklung mit Ablauf der Sukzession ohne jegliche Art der Bewirtschaftung erforscht werden. Daraus sollen neue Erkenntnisse für die naturnahe Behandlung von Wirtschaftswäldern gewonnen werden.

Der Bödmerenwald liegt im Einzugsgebiet des Starzlenbaches im Muotatal und erstreckt sich vom Hintertal bis auf die Höhen des Pragelpasses und der Silberer. Das eigentliche Reservat liegt grösstenteils in Höhenlagen zwischen 1200

und 1500 m ü. M. Die Exposition ist vorwiegend westlich bis nördlich.

Das Klima ist leicht kontinental geprägt. Die mittlere Temperatur liegt bei 5,7 °C. Das Bödmerenwaldgebiet zählt mit wohl über 2500 mm/a Niederschlag zu den niederschlagsreichsten Gegenden der Schweiz. Im Winter fällt der Niederschlag reichlich in Form von Schnee, der im Frühling lange liegen bleibt.

Der Bödmerenwald stockt auf Karrenkalk der Kreideformationen. Zahlreiche Klüfte und Karllöcher prägen den Standort. Auf dem Muttergestein liegt v.a. in Kuppenlagen eine Humusschicht, die eine Mächtigkeit von nur wenigen Zentimetern aufweist. Vom Urwald-Reservat Bödmeren existiert eine geologische Karte von HANTKE (1995). Die Kartenwerkgrundlage im Massstab 1:2000 stammt aus einem separaten Kartenprojekt Urwald-Reservat Bödmeren, das von THEE *et al.* (1987) erarbeitet wurde.

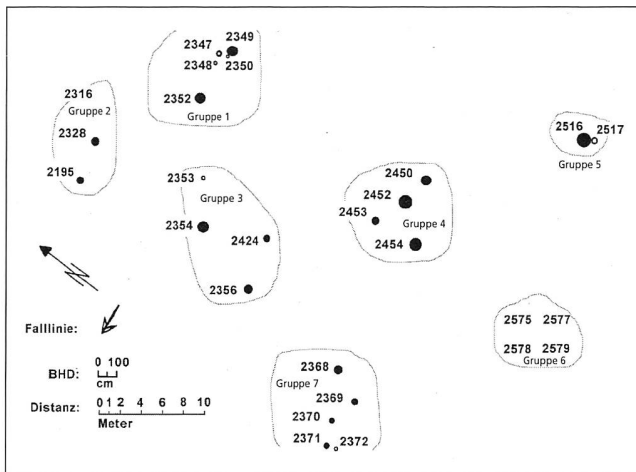
Wegen der starken Coupierung des Geländes prägen sich die Pflanzengesellschaften oft nur kleinflächig aus. Häufig vertreten sind feuchtigkeitsliebende Gesellschaften der nordexponierten Kalkfelsen. Pflanzensozioologisch befindet sich das Untersuchungsgebiet im *Piceo-Adenostyletum*, Nr. 60 nach ELLENBERG und KLÖTZLI (1972). In der Baumschicht befindet sich entsprechend den Standortverhältnissen ein gruppenförmig aufgebauter Fichtenbestand. Die einzelnen Fichten bestimmen mit ihrer hohen und schlanken Säulenform das Bild des Bödmerenwaldes. Der Holzzuwachs beträgt im Durchschnitt zwei Festmeter pro ha und Jahr.

## 3. Die Methodik der Wachstumsanalyse

Die Probestfläche hat eine Ausdehnung von etwa 20 a. Sie liegt in der Windwurffläche innerhalb des Gründungsreservates von 4,8 ha. Eine zufällige Auswahl von Probebäumen war nicht möglich, weil die windgeworfenen Bäume entweder dicht übereinander lagen oder gewisse Stammabschnitte so hoch über dem Boden zu liegen kamen, dass keine risikofreie Messung möglich war. Baumgruppen waren leicht zu finden, weil sie als Kollektiv mit einem grossen Wurzelteller geworfen wurden. Die untersuchten Bäume wurden daher vor Ort gutachtlich ausgewählt (*Abbildung 1*). Die Datenerhebung stammt aus dem Frühling 1994.

Bereits vorhandene Erhebungen und Messungen der Professur für Waldbau wie die Situierung der Bäume, die IUFRO-Baumklassifikation, die Beschreibung der sozialen Stellung im Baumkollektiv nach Kraft und der Brusthöhendurchmesser aus den Jahren 1973 und 1988 dienten der Arbeit als zusätzliche Grundlagen für die Interpretation. Der Brusthöhendurchmesser ist der Mittelwert kreuzweiser Kluppenmessungen. Die Höhenmessungen erfolgten mit dem Baumhöhenmesser «Christen». Bei der IUFRO-Baumklassifikation wird die Bestandesstruktur nach drei Kriterien analysiert: Bestandes-schicht, Vitalität und Entwicklungstendenz.

Die Datenerhebung der vorliegenden Arbeit basiert auf der Stammscheibentnahme und auf der Gewinnung von



**Abbildung 1:** Räumliche Verteilung der untersuchten Bäume: Position mit Baumnummer und Destinationskreis proportional zum BHD (• = Oberschicht, o = Mittelschicht im Jahre 1988). Nicht situierte Bäume sind ohne Destinationskreis.

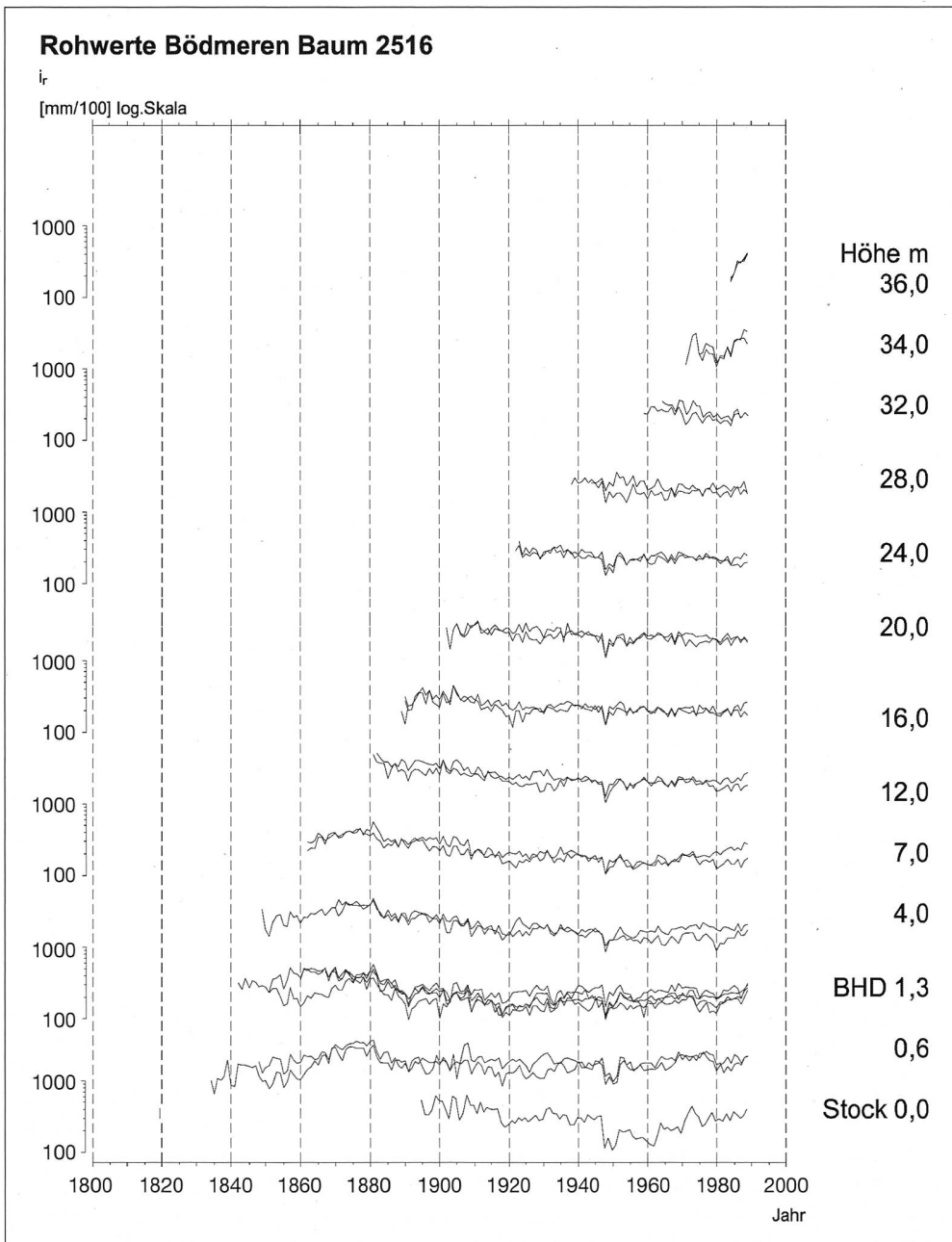
**Figure 1:** Spatial distribution of the analysed trees: tree number and position, the symbol size is proportional to DBH (black circle = dominant layer, white circle = middle layer, inventory year 1988). Tree numbers without circle grew outside the plot.

Bohrkernen. Insgesamt standen 15 Stammscheiben und 192 Bohrkern für die Auswertung zur Verfügung.

Das Baumalter wurde mit einer Stockbohrung am Stammfuss ermittelt. Für die Wachstumsanalyse waren Bohrungen in verschiedener Höhe am Stamm notwendig (Abbildung 2). Das Studium der Höhenentwicklung konnte nur an windgeworfenen Bäumen ausgeführt werden. Sowohl die Baumhöhe wie auch die Entnahmehöhe der Bohrspäne wurden mit dem Messband eingemessen. Die Feldaufnahmen lassen sich in eine extensive und intensive Variante aufteilen. In der Variante intensiv wurde jeweils ein Höhenniveau übersprungen. Aus den Angaben des datierten Zuwachses und dem Alter auf den bekannten Stammhöhen lassen sich Schaftkurven und Höhenentwicklungskurven herleiten. Mit Ausnahme der Stockbohrungen wurden in der Regel zwei Bohrungen pro Höhenniveau und in 1,3 m vier Bohrungen ausgeführt. Die Bohrungen erfolgten in Richtung der Falllinie und um etwa 90° im Uhrzeigersinn versetzt.

Die Messung der Jahrringbreiten erfolgte mit Hilfe einer Jahrringmessanlage mit Stereolupen, Zeichentubus und Digitalisierbrett an der WSL in Birmensdorf.

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über das Untersuchungsmaterial.



**Abbildung 2:** Beispiel einer erfolgreichen Synchronisierung der Jahrringe: Intensive Aufnahmevariante von Baum Nr. 2516 mit Probenahme in 13 Stammhöhen.

**Figure 2:** Example of a successful tree-ring synchronisation: High-resolution sampling of tree 2516 at 13 height levels.

## 4. Ergebnisse einschliesslich Interpretation

### 4.1 Der Datierungserfolg und erkennbare Weiserjahre

In der Regel war es wegen den typischen Variationen der Jahrringabfolge leicht möglich, die Jahrringe zu datieren. Vielfach konnte die synchrone Lage der Jahrringkurven rein optisch ermittelt werden (vgl. *Abbildung 2*). Die Proben enthielten keine auskeilenden Jahrringe.

Sofern sehr schmale Jahrringe angelegt wurden, war die Unterstützung der optischen Synchronisation mit statistischen Tests auf dem Computer unausweichlich. Alle Jahrringabfolgen hielten den strengen statistischen Tests stand und erzielten gute bis sehr gute Ähnlichkeitswerte (Signifikanz für Gleichläufigkeiten und Korrelationen über 95%).

Dominante Bäume lassen sich besser synchronisieren als unterdrückte Bäume. Auch lassen sich Jahrringbreitenkurven in den kronennahen Schaftteilen leichter mit anderen Bäumen auf demselben Höhengniveau zur Deckung bringen als mit den Jahrringbreitenkurven des gleichen Baumes auf BHD-Niveau.

Auftretende Weiserjahre erleichtern die Sucharbeit nach der möglichen Deckungslage wesentlich. BECKER *et al.* (1990) sprechen von negativen Weiserjahren, wenn es sich um extrem schmale oder von positiven Weiserjahren, wenn es sich um sehr breite Jahrringe handelt. Bei den untersuchten Fich-

ten konnten folgende Weiserjahre zwischen 1900 und 1989 beobachtet werden:

- negative Weiserjahre: 1906, 1918, 1929, 1948, 1956, 1974, 1980, 1984
- positive Weiserjahre: 1901, 1908, 1947, 1985

Weiserjahre sind abhängig von Baumart, Klima und Standort. Oft beeinflusst auch die Witterung vergangener Jahre den einzelnen Jahreszuwachs. Ein Vergleich der beobachteten Weiserjahre von Bödmeren mit der Zuwachskurve von Fichten für die Grossregion Voralpen (1910 bis 1983) zeigt, dass sich alle Weiserjahre, ausgenommen 1918 und 1956, mit der Kurve in der fraglichen Zeit decken. Das Weiserjahr 1956 zeichnet sich in der Region Jura als ein Jahr mit schmaler Ringbreite aus. SCHWEINGRUBER *et al.* (1979) haben festgestellt, dass in Gebirgslagen über 1000 m ü. M. vor allem die Sommertemperaturen das Wachstum begrenzen. In trockenen Lagen sind eher die Niederschläge limitierend.

Für die Bildung negativer Weiserjahre in Bödmeren dominieren mehrheitlich Jahre mit kalten Frühlingstemperaturen, in welchen die Schneebedeckung lange andauert, was die Vegetationszeit stark verkürzt (1918, 1929, 1948, 1956, 1980). Die Niederschlagsmenge spielt eine untergeordnete Rolle. Nur in extremen Trockenjahren geht der Zuwachs zurück (1947 bis 1950) oder bilden sich negative Weiserjahre (1974), was auf die geringe Wasserspeicherfähigkeit des flachgründigen Bodens zurückgeführt werden kann. Die Trockenperiode 1947 bis 1950 hat sich erst auf die Jahre 1948 bis 1950 ausge-

**Tabelle 1: Überblick über das Untersuchungsmaterial.**

Table 1: Overview of samples.

Bäume mit Höhenanalysen										
Baum-Gruppe	Baum-Nr.	Stockalter 1993	BHD [mm] 1988	Höhe [m] 1993	Schichtzugehörigkeit 1988	Vitalität 1988	Entwicklungstendenz 1988	Kraft-Klasse 1988	Bohrkerne und Stammscheiben []	
									extensiv	intensiv
G1	2347	167	330	26,7	Mittelschicht	kräftig	gleichbleibend			16 [1]
G1	2348	132	213	13,8	Mittelschicht	normal	absinkend		7 [1]	
G1	2349	166	565	34,3	Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	herrschend	11 [1]	
G1	2350	121	199	14,3	Mittelschicht	schwach	absinkend		9 [2]	
G1	2352	165	571	31,1	Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	herrschend	11 [1]	
G3	2353	145	230	18,9	Mittelschicht	kräftig	gleichbleibend		8 [1]	
G3	2354	163	599	30,1	Oberschicht	kräftig	aufsteigend	herrschend		15 [1]
G5	2516	166	708	37,1	Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	vorherrschend		25 [1]
G5	2517	157	346	24,2	Mittelschicht	normal	gleichbleibend		11 [1]	
G6	2575	165	592	34,0	Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	herrschend	13 [1]	
G6	2577	159	441	30,5	Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	herrschend		22 [1]
G6	2578	163	340	27,1	Oberschicht	schwach	gleichbleibend	beherrscht		19 [2]
G6	2579	160	514	32,8	Oberschicht	normal	gleichbleibend	vorherrschend	11 [1]	

Bäume ohne Höhenanalysen										
Baum-Gruppe	Baum-Nr.	Stockalter 1993	BHD [mm] 1988	Höhe [m] 1993	Schichtzugehörigkeit 1988	Vitalität 1988	Entwicklungstendenz 1988	Kraft-Klasse 1988	Bohrkerne	
G2	2195	134	378		Oberschicht	normal	gleichbleibend	mitherrschend		1
G2	2316	153	483		Oberschicht	normal	gleichbleibend	vorherrschend		1
G2	2328	140	447		Oberschicht	normal	gleichbleibend	herrschend		1
G3	2356	211	476		Oberschicht	normal	gleichbleibend	herrschend		1
G7	2368	177	447		Oberschicht	normal	gleichbleibend	herrschend		1
G7	2369	157	348		Oberschicht	normal	gleichbleibend	herrschend		1
G7	2370	151	322		Oberschicht	normal	gleichbleibend	mitherrschend		1
G7	2371	156	311		Oberschicht	normal	gleichbleibend	herrschend		1
G7	2372	240	203		Mittelschicht	normal	absinkend			1
G3	2424	146	358		Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	herrschend		1
G4	2450	182	518		Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	vorherrschend		1
G4	2452	191	724		Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	vorherrschend		1
G4	2453	158	384		Oberschicht	kräftig	gleichbleibend	herrschend		1
G4	2454	205	650		Oberschicht	normal	gleichbleibend	herrschend		1

wirkt. Während die relativ trockenen Jahre 1962 und 1976 in der Region Voralpen Weiserjahre bewirkten, treten sie bei den Fichten in Bödmeren nur undeutlich oder nur in kronennahen Schaftteilen auf.

Positive Weiserjahre wurden bei warmen Temperaturen von April bis Oktober und relativ wenig Niederschlag angelegt. Der Winterfrost beeinflusst den jährlichen Radialzuwachs nicht.

## 4.2 Die Altersstruktur mit Beschreibung des Zustandes im Jahre 1985

Um dem Ziel einer möglichst ausgewogenen Altersverteilung auch bei kleiner Auswahl von 27 Probestämmen nahe zu kommen, wurden Bäume verschiedener Durchmesserstufen und sozialer Stellung ausgewählt. Die Durchmesser liegen zwischen 19,0 cm und 72,4 cm.

Die räumliche Verteilung der geworfenen Probestämme lässt die Bildung von sieben Baumgruppen zu. Innerhalb einer Gruppe sind alle wesentlichen Konkurrenten erfasst. Allfällig vorhandene Bäume zwischen den Gruppen üben einen untergeordneten Konkurrenzfluss auf das gebildete Gruppenkollektiv aus. *Abbildung 1* zeigt die Baumgruppen mit der räumlichen Verteilung der Bäume und deren BHD. Dies gibt erste Aufschlüsse über die Entwicklungsgeschichte der Bäume.

Die Keimung aller untersuchten Bäume erfolgte zwischen 1753 und 1855. Erstaunlicherweise liegt bei 24 von 27 untersuchten Bäumen der Altersunterschied innerhalb von 53 Jahren. Eine Korrelation zwischen BHD und Baumalter kann für die untersuchten Bäume nicht hergeleitet werden, das heisst, dass eine Schätzung des Baumalters auf Grund der Baumdurchmesser nicht möglich ist.

Mit Ausnahme der Gruppen 3 und 7 ist auch die Altersstreuung innerhalb einer Gruppe überraschend klein. Bäume mit einer Höhenanalyse stammen aus den Gruppen 1, 3 und 5. Die Gruppen 1, 5 und 7 werden eingehender behandelt.

Die Baumgruppe 1 mit fünf Bäumen startet ihr Wachstum mit einem Altersunterschied von sieben Jahren (*Tabelle 1*). Trotz des kleinen Unterschiedes beim Start des Baumlebens erfahren die Bäume eine unterschiedliche Entwicklung. Der anfängliche Wuchsvorsprung der Bäume 2347 und 2348 geht auf Grund der wachsenden Konkurrenz der Nachbarbäume verloren, so dass allein die beiden Aussenbäume der Gruppe die Oberschicht erreichen. Obwohl die Bäume in der Gruppe sehr dicht stehen, gelangen alle Bäume in die Mittelschicht und höher, aber mit unterschiedlicher Vitalität.

Das Baumpaar (Nr. 2516/2517) in der Gruppe 5 unterscheidet sich im Stockalter um neun Jahre. Die Höhenentwicklung ist in *Abbildung 12* dargestellt. Baum 2517 schafft es nie, den unmittelbaren Nachbarn einzuholen. Während Baum 2516 im Jahre 1988 mit üppiger Vitalität der Oberschicht angehört, steht der jüngere Nachbar mit normaler Vitalität in der Mittelschicht. Die Konsequenzen dieser einschneidenden Entwicklung zeigen sich u.a. im BHD. Beim Baum 2516 liegt der BHD mit 72 cm mehr als das Doppelte höher als beim Baum 2517 mit 35 cm.

Mit 240 Jahren ist Baum 2372 in der Gruppe 7 der älteste gemessene Baum. In der Gruppe trennt ihn ein Altersunterschied von 63 Jahren von seinen Gruppenmitgliedern. Ansonsten wäre auch in dieser Gruppe die Altersstreuung klein. Trotz des hohen Alters besitzt der Baum im Jahr 1988 nur einen BHD von 20,3 cm. Er steht als einziger in der Mittelschicht mit normaler Vitalität und wird von seinen jüngeren Nachbarn bedrängt. Die Entwicklungstendenz ist absteigend. Die durchschnittlich gemessene Jahrringbreite der Stockbohrung beträgt 0,73 mm in 235 Jahren. Damit gehört er zu den zu-

wachsschwächsten Bäumen, die in dieser Arbeit untersucht wurden.

Wenn die Bäume in einer Gruppe nicht allzu dicht stehen, erreichen sie 1988 die Oberschicht (Gruppe 4), sofern die Altersunterschiede nicht zu gross sind (Gruppe 3).

## 4.3 Die Durchmesserentwicklung

Das Dickenwachstum in 1,3 m Schafthöhe von vier Bohrrichtungen, um etwa 90° versetzt, variiert sowohl innerhalb als auch zwischen den Bäumen beträchtlich.

Ohne wesentlichen Konkurrenzfluss verläuft das Wachstum von Bäumen aus der Oberschicht in allen Messrichtungen ähnlich (*Abbildung 3*, Baum Nr. 2349). Der stetige Zuwachsrückgang kann mit der Alterung des Kambiums erklärt werden. Der durchschnittliche Radialzuwachs liegt bei 1,81 mm.

Für die Beurteilung von Zuwachsschwankungen wurde die mittlere Sensitivität als relatives Mass eingeführt. Nach SCHWEINGRUBER (1983) gilt: «Die mittlere Sensitivität ist ein Änderungsmass und drückt in Prozenten aus, wie stark die Veränderung zwischen zwei sich folgenden Werten in einer Zeitreihe ist.» Bei Baum 2349 ist die mittlere Sensitivität von 11,5% gering. Regelmässiger Jahrringbau und Engringigkeit mit Jahrringen bis 2 mm gelten als positive Holzeigenschaften und machen das «Bödmerenholz» aus dem angrenzenden Wirtschaftswald in der Holzindustrie sehr beliebt.

Anders verhält es sich bei den Bäumen 2348 und 2350 (siehe *Abbildung 4*). Beide sind Vertreter der Mittelschicht. Ersterer weist eine mittlere Sensitivität von 21,7%, letzterer von 17,1% auf. Die Variation der Jahrringbreiten nimmt mit dem Alter zu, und im Gegensatz zum Baum 2349 zeigt die Kurve der Jahrringbreiten einen treppenförmigen Verlauf. Bei beiden Bäumen reduzieren sich die Jahrringbreiten in den letzten Jahren auf wenige Zellreihen. Entsprechend tief sind die gemessenen mittleren Jahrringbreiten: 0,86 mm wird beim Baum 2348 ermittelt, 0,73 mm beim Nachbarbaum 2350.

Die *Abbildung 5* zeigt die Mittelkurve aller Radialzuwächse in 1,3 m Schafthöhe, datiert nach dem physiologischen Alter der Bäume (= Markalter). Wird mit Hilfe der Hegershoff-Funktion die Mittelkurve für Markalter 0 bis 120 geglättet, so erfolgt die unerwartet frühe Kulmination des radialen Wachstums auf BHD-Niveau im 10. Altersjahr.

Die Durchmesserentwicklung verläuft bei einzelnen Bäumen sehr unterschiedlich. Schon bei relativ tiefem Markalter zeigen die Bäume grosse Unterschiede (*Abbildung 6*). Im Markalter 20 liegt beispielsweise bei den untersuchten Bäumen der BHD-Bereich (ohne Rinde) zwischen 5,7 cm und 12,5 cm. Bei einem Markalter von 100 Jahren vergrössert sich die Bandbreite auf 17,5 cm bis 52,8 cm (ohne Rinde). Eine bemerkenswerte Zuwachssteigerung erbrachte der Baum mit der Nummer 2354. Im Alter 20 besitzt er den kleinsten Durchmesser, legt dann aber tüchtig zu und erreicht in den folgenden 120 Jahren den drittgrössten Durchmesser der untersuchten Bäume. Mit sehr geringem Durchmesserwachstum zeichnet sich der Baum 2350 aus. In den letzten 60 Jahren betrug die Durchmesserzunahme nur 4,1 cm. Eine ähnliche Entwicklung durchlaufen die Bäume 2348 und 2353. Hingegen zeigt der Baum 2516 stets einen hohen Durchmesserzuwachs.

Der jährliche Durchmesserzuwachs variiert am Stamm mit der Höhe. Die daraus resultierenden Zuwachsunterschiede führen zu Zuwachsverlagerungen im Schaft. In der *Abbildung 7* sind die Jahrringbreiten des Jahres 1985, ein positives Weiserjahr, dargestellt.

Im Mittel liegt das Minimum auf 7 m Stammhöhe. Das Maximum kommt in den Kronenraum zu liegen. Die Einzelkurven zeigen in etwa den gleichen Trend. Der Baum 2578 weist 1985

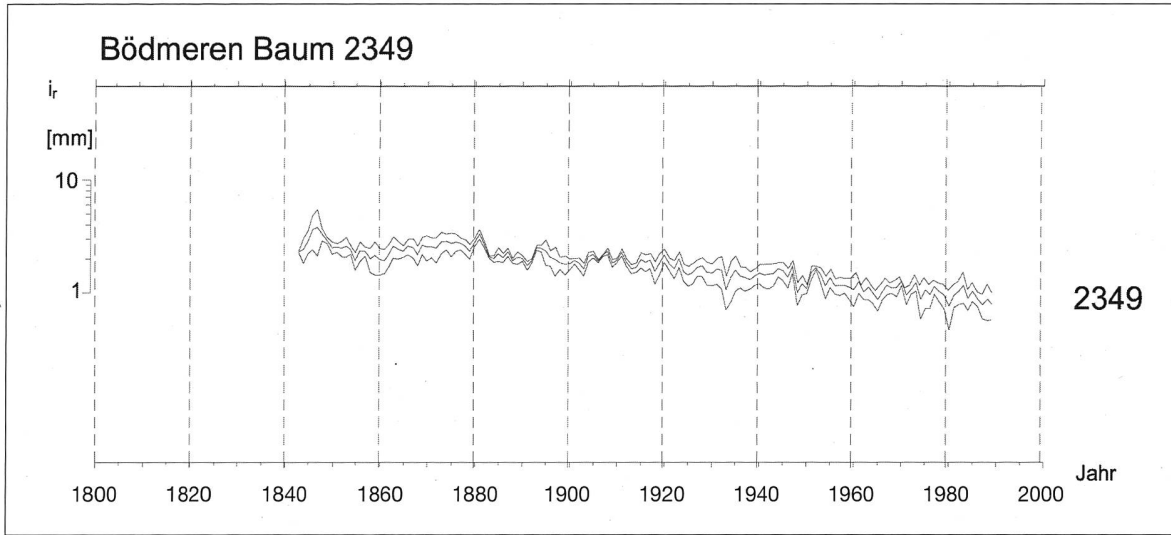


Abbildung 3: Jahring-Mittelwertkurve (mittlere Linie) mit Vertrauensintervall (obere und untere Linien) in 1,3 m Schafthöhe für Baum Nr. 2349.

Figure 3: Average ring-growth curve (center line) with confidence intervals (upper and lower line) for tree 2349 at 1.3 m stem height.

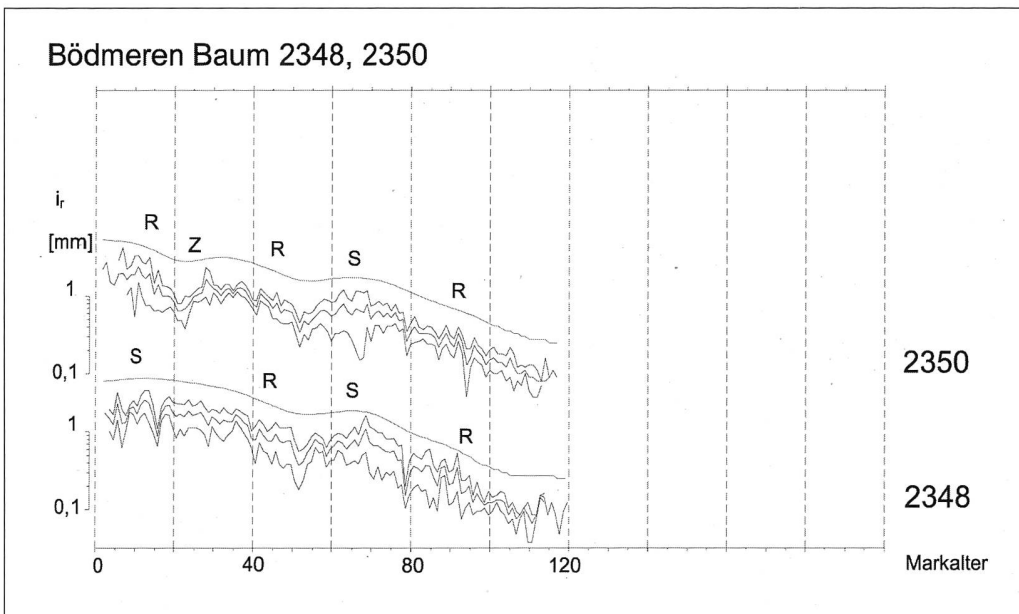


Abbildung 4: Jahring-Mittelkurve in 1,3 m Schafthöhe für die Bäume Nr. 2348 und 2350 mit Vertrauensintervall. Die zugeordnete, angehobene Glättungslinie soll typische Phasen verdeutlichen: R: Reduktion, Z: Zuwachssteigerung, S: Stagnation.

Figure 4: Average ring-growth curve with confidence intervals for trees 2348 and 2350 at 1.3 m stem height: The associated smoothed line emphasises the typical growth phases: R = Growth reduction, Z = Growth increase, S = Stagnation.

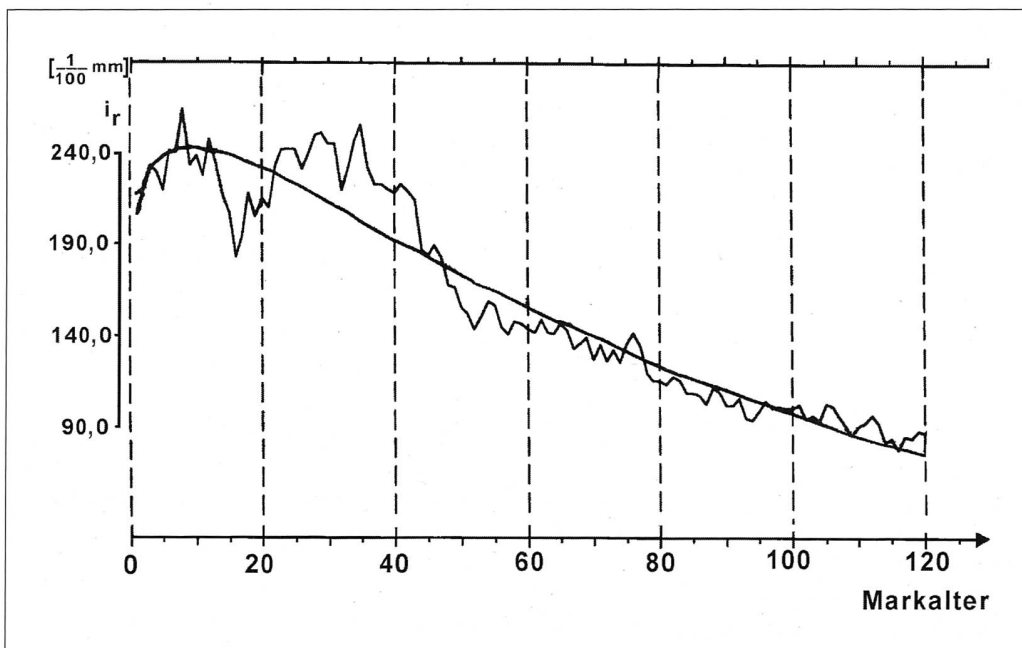
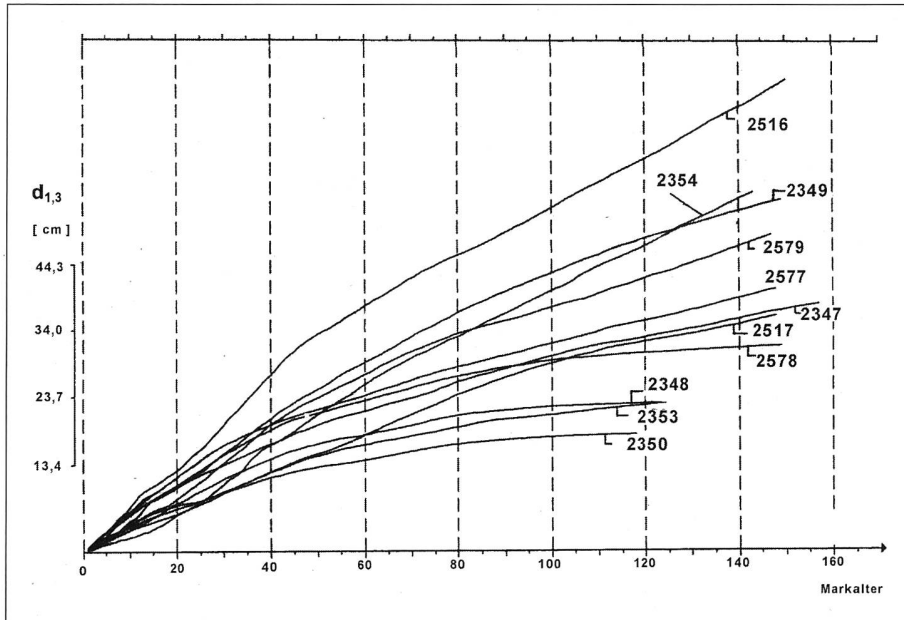


Abbildung 5: Mittelkurve (Rohwerte) aller Radialzuwüchse auf BHD und deren Ausgleich mit der Hugershoff-Funktion.

Figure 5: Average ring-growth curve of all trees at 1.3 m stem height and smoothed line by Hugershoff-function.



**Abbildung 6:** Durchmesserentwicklung (ohne Rinde) und Markalter an ausgewählten Bäumen.

Figure 6: Development of diameter (without bark) of selected trees in relation to cambial age.

die kleinste gemessene Jahrringbreite auf. 1988 zählte der Baum mit kümmernder Vitalität zu den sozial beherrschten Bäumen. Der Baum 2516 mit der grössten Jahrringbreite im Jahre 1985 gehörte mit kräftiger Vitalität zu den herrschenden Bäumen.

#### 4.4 Ovalität, Exzentrizität und Standraum

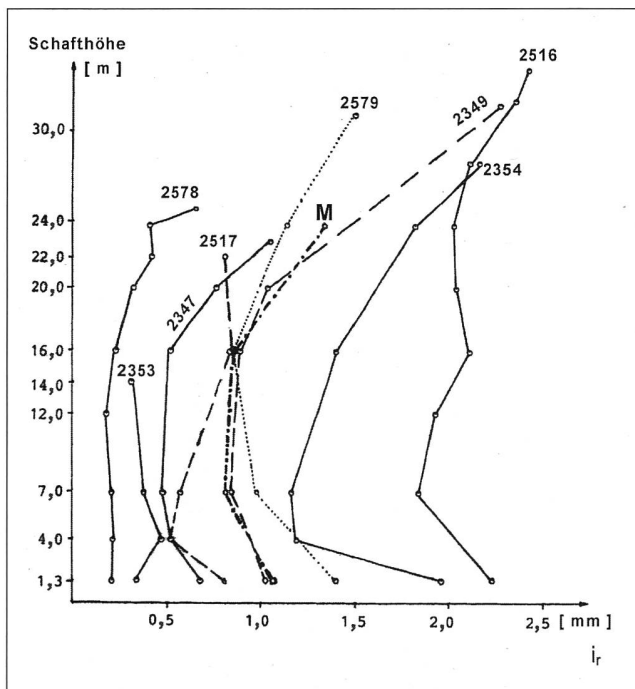
Verläuft die Jahrringbreitenentwicklung nicht in allen Richtungen gleich (siehe Kap. 4.3.), so sind die Stämme selten kreisrund und es kommt zur Ausbildung von Ovalität und Exzentrizität (Markröhrenverlagerung). Die Bohrrichtungen wurden so gewählt, dass eine von ihnen beim stehenden Baum der Falllinie des Hanges entsprechen würde. Unterschiedliche Radialzuwächse auf einem Höhenniveau sind v.a.

bei Bäumen verschiedener Schichten zu beobachten. Inwiefern der Umweltfaktor Standraum, d.h. die Distanz zum Nachbarbaum, den Radialzuwachs beeinflusst, zeigt die *Abbildung 8* am Beispiel einer Zweiergruppe, den Bäumen 2516 und 2517.

Der Hang ist gegen Westen exponiert. Die Jahrringbreiten sind in 20-Jahres-Intervallen dargestellt. Obwohl der Baum 2517 die BHD-Höhe nur zwei Jahre später erreicht, schafft er es nicht, mit dem Wachstum seines Nachbarn Schritt zu halten. Schon zu Beginn des Wachstums ab BHD-Niveau verzeichnet Baum 2517 eine hohe Ovalität und starke Markröhrenverlagerung. Beim Baum 2516 verlagert sich die Markröhre nicht so ausgeprägt. Hingegen nähert sich die Ovalität auf Grund der gehemmten Jahrringbreitenentwicklung in Richtung des Baumes 2517 immer näher dem Ovalitätswert des Nachbarn. Im Jahre 1983 lauten die Ovalitätswerte (kleinster Durchmesser zu grösstem Durchmesser) wie folgt: Baum 2516 = 0,86, Baum 2517 = 0,84.

Beim Vergleich der Exzentrizitätswerte (kleinster Radius zu grösstem Radius) schneidet der Baum 2516 mit 0,76 deutlich besser ab als sein Nachbar mit 0,57. Gute Ovalitäts- und Exzentrizitätswerte erreicht beispielsweise der Baum 2349, obwohl sein Standraum zu den Nachbarbäumen 2347, 2348 und 2350 mit der Zweiergruppe vergleichbar ist (siehe *Abbildung 1*). Markante Unterschiede zeigen sich aber in der Entwicklung am Beispiel der Exzentrizität (*Abbildung 9*). Während beim Baum 2349 die Exzentrizität zurückgeht (Ausschaltung der Konkurrenten), ringt der Baum 2516 zeitlebens um seine Stellung mit dem Nachbarbaum.

Bei 9 von 13 Bäumen liegt der kleinste Durchmesser quer zur Hangneigung; sie haben eine relativ geringe mittlere Ovalität von 0,92 und eine mittlere Exzentrizität von 0,71. Die restlichen vier Bäume haben einen leicht schlechteren Ovalitätswert (0,87) und einen besseren Exzentrizitätswert (0,77).



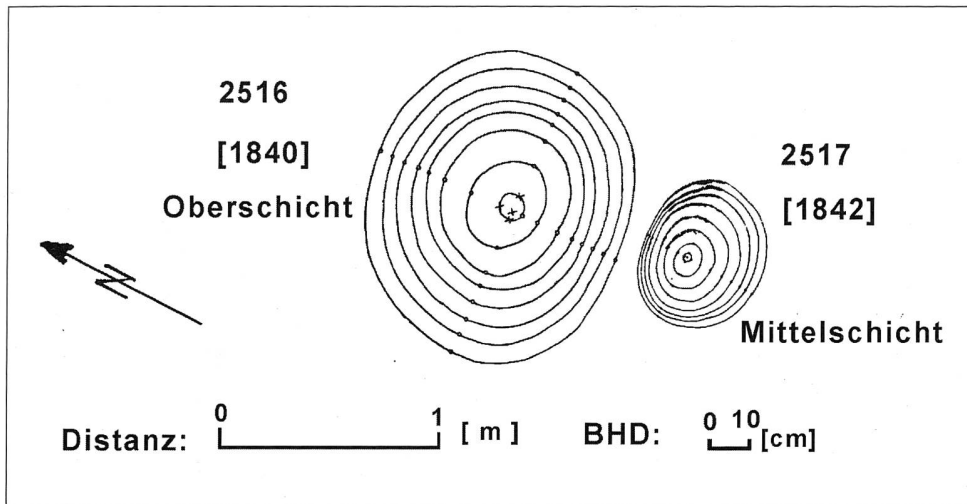
**Abbildung 7:** Die Jahrringbreite 1985 in verschiedenen Schafthöhen ausgewählter Bäume. Die Mittelkurve M ist als Baummittel aller Höhenwerte 1985 dargestellt mit «- - -».

Figure 7: Ring-growth of year 1985 of selected trees at different stem heights. Curve M (- - -) shows tree-average of year 1985 at different stem heights.

#### 4.5 Die Höhenentwicklung

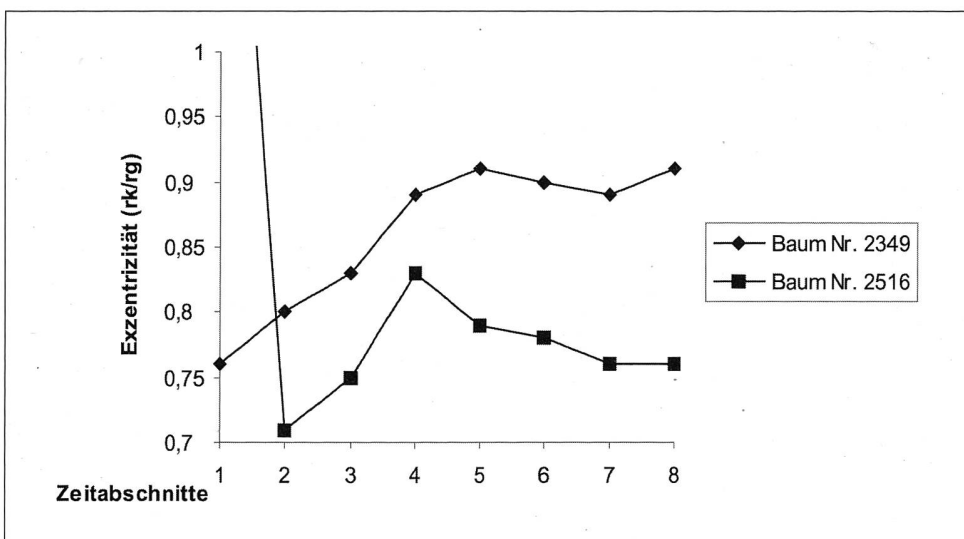
Obwohl der Datenumfang klein ist, lässt sich zumindest die Bestandeshöhenentwicklung herleiten (*Abbildung 10*). Für die Ermittlung der Bestandeshöhenkurve (a) diente die folgende Funktion:

$$h - 1,3 = d^2 / (p_1 + p_2 d + p_3 d^2)$$



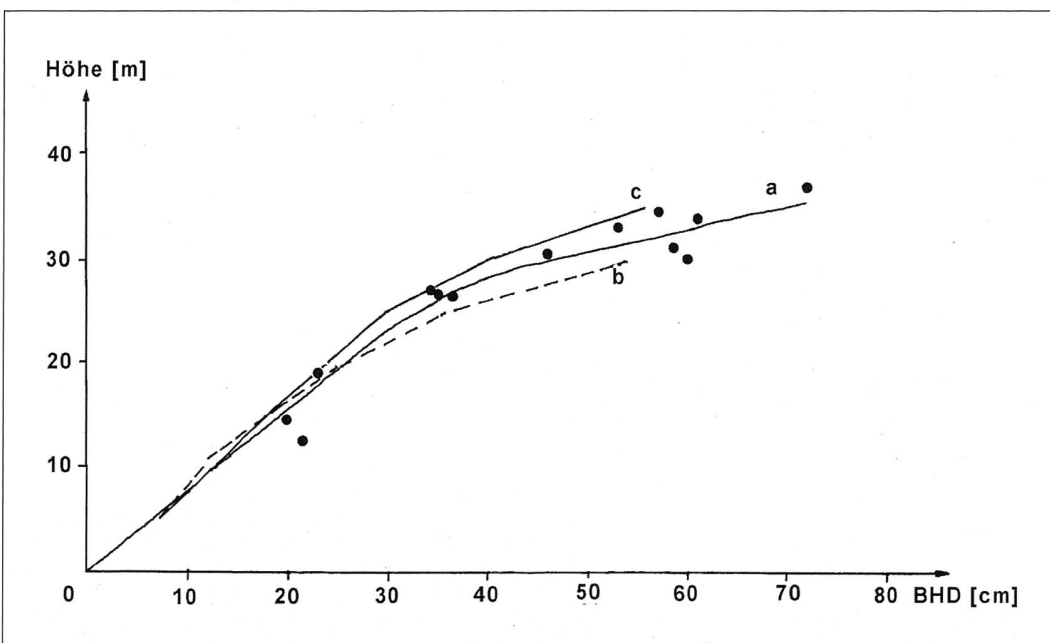
**Abbildung 8:** Radialzuwachs mit Äquidistanzen von 20 Jahren, Ovalität, Exzentrizität und Standraum an einem Beispiel: Baumnummern und zugeordnetes Markjahr auf BHD [ ].

Figure 8: Example for radial growth with 20-year intervals, stem shape (ovality, eccentricity) and stand: Tree number, associated start year of growth at DBH [ ] and forest layer.



**Abbildung 9:** Exzentrizität der Bäume Nr. 2349 und 2516 in Abschnitten von 20 Jahren.

Figure 9: Development of eccentricity (relation of shortest to longest radius) of tree 2349 and 2516 in 20-year intervals.



**Abbildung 10:** Beziehung zwischen Baumhöhen und BHD: Felddaten und berechnete Höhenentwicklung (a) nach einer Funktion von INDERMÜHLE (1978) sowie dessen eigene Resultate (b, c; wobei b mit kleinerem Vorrat und Starkholzanteil als c).

Figure 10: Relation between tree height and DBH: Field data and calculated height development (=a) according to a function defined by INDERMÜHLE (1978), and his data (=b, =c; growing stock and proportion of big timber is lower for b than for c).

Die Koeffizienten der Kurve a lauten:

- $p_1 = 13,40$
- $p_2 = 0,29$
- $p_3 = 0,07$
- $d = \text{BHD}$

Die Kurven b und c sind Bestandeshöhenkurven, die von INDERMÜHLE (1978) hergeleitet wurden. Sein Untersuchungsgebiet liegt auf einer Höhe von 1400 bis 1550 m in der Gemeinde Platta/GR und ist mit einem Gebirgsplenterwald bestockt. Bei der Kurve b ist im Unterschied zur Kurve c der Starkholzanteil und der Vorrat kleiner. Obwohl sich der Standort deutlich von Bödmeren unterscheidet, zeigen die Kurven eine ähnliche Entwicklung. Ab einem BHD von 30 cm umrahmen sie die Werte der untersuchten Bäume in Bödmeren.

Unterschiede im Höhenwachstum zeigt die Darstellung der Baumhöhen nach Alter (Abbildung 11). Die Endhöhen der 13 Bäume liegen zwischen 13,8 m und 37,1 m. Trotzdem haben die Bäume nur eine Altersstreuung von 27 Jahren.

Der Kurvenverlauf ist s-förmig. Mit zunehmenden Markalter steigt der Höhenunterschied zwischen den Einzelbäumen deutlich an. Schon in der Jugendphase (z.B. im Markalter 20) liegt die Variationsbreite der Höhen zwischen 0,9 m und 3,2 m. In den ersten 20 Altersjahren ist ein langsames Höhenwachstum erkennbar. Der mittlere jährliche Höhenzuwachs beträgt 11,0 cm. Um die BHD-Höhe zu erreichen, benötigt der Baum im Durchschnitt 16 Jahre. Vom 20. bis 40. Altersjahr steigt der durchschnittliche jährliche Höhenzuwachs auf 21,5 cm. Im Markalter 120 liegen die Höhen der einzelnen Bäume zwischen 13,2 m und 29,5 m.

Den grössten Höhenzuwachs verzeichnet Baum 2516 (Abbildungen 11 und 12). Der Baum 2354 besitzt zwischen dem Markalter 36 und 65 die kleinste Höhe. Danach legt er im Höhenzuwachs gewaltig zu und steigt in die Oberschicht auf. Die Grenze zwischen Oberschicht und Mittelschicht wird bei der Feldansprache auf einer Höhe von rund 27 m gezogen, also

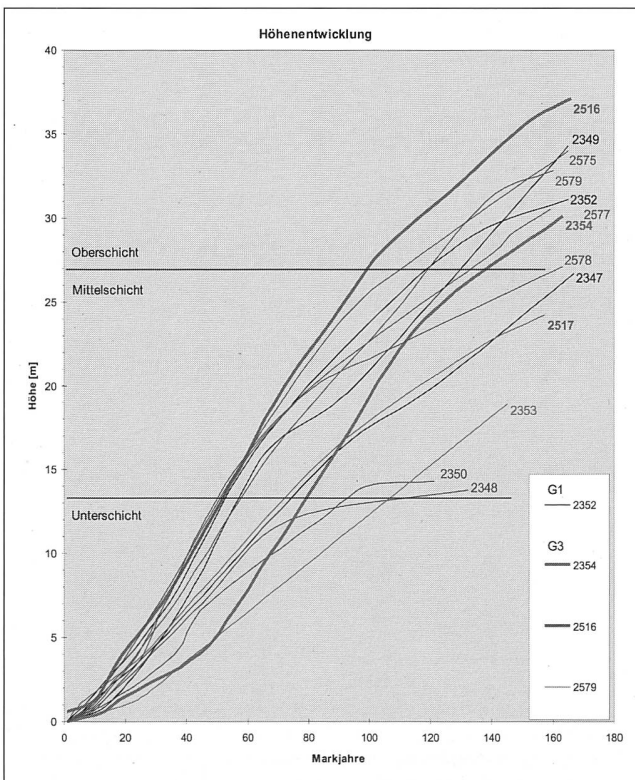


Abbildung 11: Höhenentwicklung und Alter an ausgewählten Bäumen.

Figure 11: Height development of selected trees in relation to cambial age.

zwischen Baum 2347 und 2578. Der Definition entsprechend liegt die Grenze zwischen Mittel- und Unterschicht auf 13,5 m. Bäume, die der Oberschicht angehören, zeigen mit Ausnahme von Baum 2354 einen ähnlich steilen Anstieg des Kurvenverlaufs bis in die Mittelschicht hinein. Für das Durchwachsen der Unterschicht brauchen die Bäume im Mittel 60 bis 70 Jahre. Bäume in der Oberschicht zeigen nach 150 Jahren noch ein beachtliches Höhenwachstum.

Ein Blick auf die Höhenentwicklung innerhalb der Zweiergruppe mit Baum 2516 und 2517 zeigt, dass Baum 2517 immer unter dem Konkurrenzdruck des unmittelbaren Nachbarn steht (siehe Abbildung 12).

Obwohl der Baum 2517 neun Jahre jünger ist, erreicht er nur zwei Jahre nach seinem Nachbar die BHD-Höhe. Er profitiert vom Schutz des älteren Nachbarbaumes in der Jungwuchsphase, so dass er schon nach zehn Jahren die BHD-Höhe erreicht (gegenüber 17 Jahren des Nachbarbaumes). Der Baum 2516 schafft es aber, seinen Wachstumsvorsprung zu behalten und baut ihn dann stetig aus. Seine Zuwachseistung kulminiert früher und auf einem höheren Niveau. Der Baum 2517 gehörte 1988 zur Mittelschicht mit normal entwickelter Vitalität. Die Entwicklungstendenz nach IUFRO bleibt zwischen 1973 und 1988 gleich. Der Baum 2516 hingegen stand 1988 in der Oberschicht mit kräftiger Vitalität.

Der mittlere laufende Höhenzuwachs aller Bäume kulminiert nach etwa 50 Jahren. Der laufende Radialzuwachs kulminiert vor dem laufenden Höhenzuwachs, was den allgemein geltenden Gesetzmässigkeiten widerspricht. Die Ursache dafür dürfte beim hohen Konkurrenzdruck in der Gruppe liegen, der sich auf das Durchmesserwachstum stärker auswirkt als auf das Höhenwachstum.

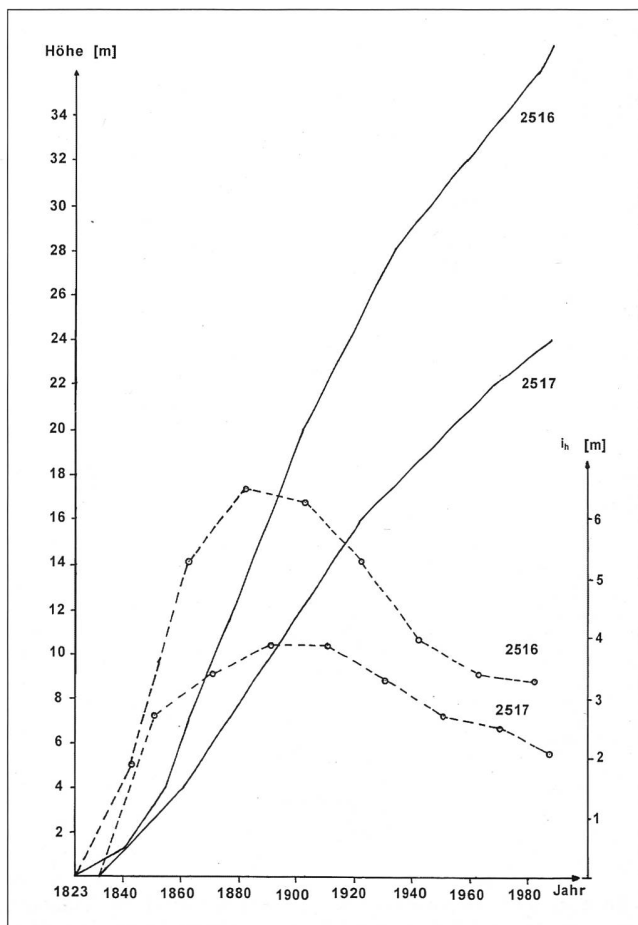


Abbildung 12: Höhenentwicklung und periodischer Höhenzuwachs der Baumgruppe 2516/2517.

Figure 12: Height development and periodic height increment of the trees 2516 and 2517 in relation to cambial age.

## 5. Ausblick

Bestimmt wären weitergehende vergleichende Interpretationen an anderen Standorten interessant. Vergleichsstandorte und analoge Fallstudien fehlen leider bisher weitgehend. Interessante Vergleiche und eine Prüfung unserer Aussagen könnten mit künftigen Untersuchungen zu ähnlichen Themen möglich werden.

Die Höhenentwicklung der Bestände im Bödmerenwald verlief ähnlich wie in naturnah bewirtschafteten Gebirgsplenterwäldern. Bei der Annahme, dass der Bödmerenwald auf grosser Fläche nicht vom Menschen bewirtschaftet wurde, gibt der zeitliche Verlauf der Verjüngung einen Hinweis auf eine vermutlich durch Schadereignisse verursachte rasche flächige Begründung der Baumgruppen.

## Zusammenfassung

Anhand von wenigen windgeworfenen Fichten auf einer Fläche von rund 20 a im Urwald-Reservat Bödmeren ergeben sich aus der Fallstudie interessante Ergebnisse.

Die Auswahl der Bäume erfolgte in Gruppen von 2 bis 5 Bäumen. Bei den 27 ausgewählten Bäumen unterscheiden sich die Baumalter um 120 Jahre. Die Häufigkeitsverteilung ergibt, dass 24 Bäume wider den Erwartungen nur einen Altersunterschied von 53 Jahren aufweisen. Die Altersstreuung innerhalb und zwischen den Gruppen ist generell klein. Nahezu gleichaltrige Bäume wachsen in Gruppen nebeneinander auf. Demgegenüber weist der BHD dieser Bäume einen Streuungsbereich von 19,9 cm bis 72,4 cm auf. Der älteste Baum mit 240 Jahren nimmt bei der Durchmesserverteilung den zweitkleinsten BHD ein. Die mittlere gemessene Jahringbreite dieses Baumes beträgt 0,73 mm.

An 13 Bäumen wurde eine Stammanalyse durchgeführt. Der Radialzuwachs in 1,3 m Höhe erleidet im zweiten Jahrzehnt (Alter auf BHD) einen Einbruch, erholt sich anschliessend und kulminiert im Alter von etwa 30 bis 40 Jahren. Demgegenüber erreicht die Ausgleichsfunktion des Radialzuwachses ihre Kulmination im ersten Jahrzehnt des BHD-Alters.

Der laufende Höhenzuwachs kulminiert nach rund 50 Jahren. In der Jugend weisen die Bäume ein verhaltenes Höhenwachstum auf. Im Durchschnitt werden für das Erreichen von 1,3 m Schafthöhe etwa 16 Jahre benötigt. Danach treten in den Gruppen grosse Unterschiede im Höhenwachstum auf, bedingt durch die starke Konkurrenz der Nachbarbäume. Trotz den geringen Baumabständen in den Gruppen behalten auch beherrschte Bäume bis ins hohe Alter eine beachtliche Vitalität bei.

## Summary

### Estimation of Age Structure and Growth Patterns on a Windthrow Area in the Bödmeren Forest Reserve

The forest reserve Bödmeren near Muotathal in the canton of Schwyz, Switzerland, covers an area of 4.8 ha and is situated between 1200 and 1500 m a.s.l. It was established in 1971 and the terms of utilisation were drawn up in a contract with the proprietors of the Oberalmeind Corporation. The forest reserve serves as a multidisciplinary study area in which research of the natural succession without the influences of silvicultural treatment is conducted.

In February 1990, a severe storm threw trees on an area of approx. 20 a, allowing a preliminary study to assess the age structure and growth patterns of small clusters of trees.

The difference of the pith age of the 27 studied trees covered a range of 120 years, and contrary to expectations, the

age difference of 24 trees was only 53 years. The trees were selected from 7 clusters and included all tree stages from the dominant tree to the suppressed tree. The b.h.d. ranged between 19.9 and 72.4 cm even though the age span within the cluster itself and amongst the clusters was generally small.

The social position of the individual tree is usually reflected in the height as well as in the diameter growth pattern. The growth dynamics of a suppressed tree can change considerably during its lifetime: a tree was found to be the smallest in the cluster at the age of 20 years and then improved its position in the next 30 years to one of above average height and diameter.

The average diameter increment at breast height culminated in the first decade and then decreased continuously.

The height increment in the first two decades was restrained: the trees needed 16 years to attain a height of 1.3 m. After this period the individual height increment varied according to the competition situation. Even though a cluster was dense, the dominated trees retained their vitality to an old age. The average height increment culminated at the age of 50 years.

Translation: CHRISTIAN MATTER

## Résumé

### Estimation de la structure d'âge et de la croissance sur des arbres renversés par une tempête dans la réserve forestière de Bödmeren

L'étude de quelques épicéas renversés par le vent sur une surface de près de 20 ares, sise dans la réserve de forêt vierge de Bödmeren, fournit d'intéressants résultats.

Le choix des arbres s'est porté sur des groupes de 2 à 5 éléments. La différence d'âge entre les 27 arbres étudiés s'élève à 120 ans. Contrairement aux prévisions, la différence d'âge atteint seulement 53 ans pour 24 arbres. L'écart d'âge à l'intérieur d'un groupe et entre les groupes est généralement faible. Des arbres à peu près équiennes croissent en groupes les uns à côté des autres. Le DHP de ces arbres varie par contre entre 19,9 cm et 72,4 cm. Le plus vieil arbre, âgé de 240 ans, enregistre le deuxième plus petit DHP. La largeur moyenne des cernes mesurés sur cet arbre s'élève à 0,73 mm.

On a analysé le tronc de 13 arbres. L'accroissement radial à une hauteur de 1,3 m subit une interruption au cours de la deuxième décennie (âge défini au niveau du DHP). Il récupère ensuite et culmine à l'âge de 30 à 40 ans environ. L'accroissement radial moyen culmine par contre au cours de la première décennie (âge défini au niveau du DHP).

L'accroissement courant en hauteur culmine après 50 ans environ. Durant leur jeunesse, les arbres présentent une croissance en hauteur modérée. La tige nécessite en moyenne 16 ans pour atteindre la hauteur de 1,3 m. De plus, la forte concurrence des arbres voisins provoque, à l'intérieur des groupes, de grandes différences dans la croissance en hauteur. Malgré le faible espacement entre les arbres d'un même groupe, les sujets dominants conservent une grande vitalité jusqu'à un âge avancé.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

## Literaturverzeichnis

- BECKER, M., BRÄKER, O.U., KENK, G., SCHNEIDER, O. und SCHWEINGRUBER, F.-H. 1990: Kronenzustand und Wachstum von Waldbäumen im Dreiländereck Deutschland-Frankreich-Schweiz in den letzten Jahrzehnten. AFZ 11/1990, 7 S.
- ELLENBERG, H. und KLÖTZLI, F. 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchswes. 48, 4: 587-930
- GABRIEL, J. 1994: Ermittlung der Altersstruktur und des Wuchsganges auf einer Windwurffläche im Waldreservat Bödmeren. Diplomarbeit Professur Waldbau, ETH Zürich (unveröffentlicht).

- HANTKE, R. 1995: Erdgeschichte des Bödmerenwaldes (Gemeinde Muotathal, Kt. Schwyz). Bericht, WSL, 337, 32 S.
- INDERMÜHLE, M.P. 1978: Struktur, Alters- und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten – Plenterwald der subalpinen Stufe *Sphagno-Piceetum calamagrostetosum villosae*. Dissertation ETH Zürich. Beiheft Nr. 60 zur Schweiz. Z. Forstwes., 98 S.
- KÄLIN W. und SCAGNET E. 1997: Urwald in den Schwyzer Bergen – schöne wilde Bödmeren. Werd Verlag, Zürich, 136 S.
- KIENAST, F. 1987: Jahrringe als ökologischer Datenträger. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Ber. 292: Teufen, 51 S.
- LÄSSIG, R. 1991: Zum Wachstum von Fichtensolitären. Dissertation, Univ. Freiburg i.Br., 136 S.
- SCHWEINGRUBER, F.H., BRAEKER, O.U., SCHAER, E. 1979: Dendroclimatic studies on conifers from central Europe and Great Britain. *Boreas* 8 (4): 427–452.
- SCHWEINGRUBER, F-H. 1983: Der Jahrring. Haupt, Bern und Stuttgart, 234 S.
- THEE, P., HANTKE, R., KÄLIN, W., LEIBUNDGUT, H., SCHWARZENBACH, F.H. 1987: Das Kartenprojekt Urwald-Reservat Bödmeren 1:2000. Eidg. Anst. forstl. Versuchswes., Bericht, WSL, 299, 45 S.

#### Dank

Für die Unterstützung bei der Auswertung und Textredaktion danken wir Andreas Zingg, Christian Matter, Ernst Baumann (alle WSL). Der Stiftung Urwald-Reservat Bödmeren verdanken wir insbesondere die finanzielle Unterstützung bei der Diplomarbeit von Josef Gabriel.

#### Autoren:

JOSEF GABRIEL, dipl. Forst-Ing. ETH, Kreisforstamt 1, c/o Kantonsforstamt, Postfach 656, 6431 Schwyz;  
Dr. OTTO ULRICH BRÄKER, WSL, 8903 Birmensdorf;  
JEAN-FRANÇOIS MATTER, dipl. Forst-Ing. ETH, Professur Waldbau, D-Fowi, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.